

Results. According to the performed experimental researches there were proved expediency and efficiency of application of the developed construction of centrifugal mixer-moisturizer in macaroni presses for preparing homogeneous mixture with the prescribed properties, reduction of variation in the properties of raw materials and final product (batch averaging), spreading of contact surface between the substances with simultaneous reduction of mixing time, reduction of energy costs of the process, dimensions and simplification of structures of the existing macaroni presses.

Scientific novelty. The proposed construction of the centrifugal mixer-moisturizer determines process parameters of mixing the key ingredient. Use of a helix made by metal rotor pins was also grounded. There was detected correlation between rotation speed of the rotor and process of mixing ingredients.

Practical importance. The results shall be taken into consideration for improvement of the mixing process in macaroni industry. The results of the performed experiments made it possible to develop peculiar construction of centrifugal mixer-moisturizer for macaroni production which intensifies mixing process; helix assures high quality and quick mixing in macaroni presses; there was determined index of rotation speed of the rotor for high quality mixing. There was issued Ukrainian patent for useful model Nr. 74310 Centered mixer-moisturizer.

Key words: quality evaluation, mixing, macaroni dough, mixers, work efficiency.

Рекомендовано к публикации д-ром техн. наук,
проф. Михайловым А.Н.

Дата поступления рукописи 04.02.2013 г.

УДК 66.061.4

Бошкова И.Л.¹, канд. техн. наук,
Дементьева Т.Ю.¹, канд. техн. наук,
Георгиеш Е.В.¹,
Коломийчук С.Г.²

1 – Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса, Украина,
e-mail: tasir.onaft@gmail.com
2 – ГУ «Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В.П. Филатова НАМН Украины», г. Одесса, Украина,
e-mail: filatova_biochem@mail.ru

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ БИОПЕСТИЦИДОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

Boshkova I.L., Cand. Sci. (Tech.),
Demytyeva T.Yu., Cand. Sci. (Tech.),
Georgiesh E.V.¹,
Kolomyichuk S.G.²

1 – Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine,
e-mail: tasir.onaft@gmail.com
2 – S.I. «Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy named after V.P. Filatov NAMS of Ukraine», Odessa, Ukraine,
e-mail: filatova_biochem@mail.ru

A METHOD FOR OBTAINING BIOPESTICIDES AND THE DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION

Цель. Целью работы является развитие метода получения биопестицидов из растительного сырья, основанного на применении микроволнового электромагнитного поля в процессе экстрагирования, и проработка устройства для его реализации.

Методика. Для получения экстрактов смесь воды (как экстрагента) и растительного материала помещалась в рабочую камеру микроволновой лабораторной установки, где проводилась ее обработка в микроволновом поле. При этом варьировалась продолжительность процесса и выходная мощность магнетрона. Эффективность полученных экстрактов как средство для борьбы с вредителями проверялась на инжире, пораженном паутинным клещиком. Оценка всех экспериментальных групп проводилась с использованием непараметрического рангового критерия для множественных сравнений Крускала-Уолиса.

Результаты. В соответствии с полученными данными, для получения эффективных экстрактов при оптимальных затратах энергии температура процесса должна быть на уровне 80°С.

Научная новизна. Предложено схемное решение микроволнового шнекового экстрактора для извлечения биологически активных веществ из растительного сырья.

Практическая значимость. Применение микроволнового поля на этапе получения экстрактов для производства биопестицидов позволяет существенно сократить время их изготовления, благодаря чему возникает возможность за короткое время переработать большие объемы растительного сырья, в том числе в виде отходов производства (шелуха лука, чеснока и т.п.), которые при этом ежегодно возобновляются, и использовать полученные препараты как средство защиты растений. Для реализации микроволнового метода получения экстрактов в промышленных объемах необходимо создание микроволнового экстрактора, схемное решение которого предложено в данной работе.

Ключевые слова: биопестициды, микроволновое поле, растительное сырье, эффективность, шнековый экстрактор.

Постановка проблемы. Во всем мире остро стоит проблема повышения урожайности, и решению этой проблемы во многом способствовало применение химического метода (пестициды), которые в настоящее время признаны как высокоэффективные средства борьбы с вредителями и болезнями растений, сорными растениями, вредителями сельскохозяйственной продукции. Без химических средств ведение сельского хозяйства уже не представляется. С другой стороны, все больше заметно их отрицательное влияние на окружающую среду, которое выражается в уменьшении активности полезной почвенной фауны и микроорганизмов, гибели насекомых-опылителей, птиц и млекопитающих, а также нанесении вреда здоровью человека.

Все эти негативные явления, связанные с токсичностью пестицидов и гербицидов, вынуждают принимать меры с целью их устранения. Одно из направлений – применение биопестицидов (другие распространенные названия – естественные пестициды), которыми являются препараты из растений, в частности, экстрактов из растений и прочих природных субстратов. Их действие обусловлено наличием в них специфических биологически активных веществ. По сравнению с химическими пестицидами, для биопестицидов, как правило, характерны высокая избирательность действия на вредные организмы, меньшая токсичность для нецелевых видов, отсутствие остаточных количеств в природных объектах.

Актуальность увеличения степени использования биопестицидов очевидна, однако это направление еще недостаточно развито. Их внедрение тормозится существующими технологиями получения экстрактов из растительного сырья, для которых характерны большая длительность процесса и экономические затраты, а также недостаточная изученность свойств получаемых расти-

тельных экстрактов в качестве биопестицидов. Таким образом, существует необходимость развития нового эффективного метода получения растительных экстрактов.

Одним из перспективных способов экстрагирования является экстрагирование в микроволновом (МВ) поле. В работе, выполненной ранее [1], изучено состояние вопроса получения экстрактов из растительного сырья и их применение в качестве биопестицидов, показана эффективность экстрагирования в микроволновом поле: применение микроволновых технологий позволило значительно уменьшить длительность экстрагирования биологически активных веществ из растительного сырья (к примеру, 15 мин – для МВ экстрагирования и 3 часа – при Соклет-экстракции. Сокращение длительности получения экстрактов при применении микроволнового поля подтверждается многочисленными исследованиями (к примеру, [2-6]).

Данные [2] свидетельствуют, что при использовании микроволновой обработки в МВ печи удалось сократить на два порядка продолжительность процесса экстракции арабиногалактана (АГ) из измельченной древесины лиственницы по сравнению с традиционными процессами экстракции, длительность которых составляет несколько часов, при одновременном увеличении выхода и чистоты АГ.

Кроме существенного сокращения продолжительности процесса, многие авторы подчеркивают его энергетическую и экономическую эффективность. Так, в [3] показано, что использование микроволновой энергии по сравнению с традиционными (термическими) способами нагрева является выгодным в экономическом и экологическом аспектах.

Лабораторные исследования и расчеты [4] показали, что МВ-экстракция из свежесобранного сырья без механической обработки, растворителей и добавления воды по сравнению с традиционными методами позволяет увеличить выход извлекаемых веществ в 2-3 раза, сократить длительность процесса почти в 10 раз, сократить удельные энергозатраты более чем на 50%, получать продукцию более высокого качества, обеспечить экологическую чистоту процесса.

В работах [5-7] делаются попытки представить физические процессы взаимодействия микроволнового поля с растительным материалом, которые обуславливают существенную интенсификацию выхода биологически активных соединений.

Имеющиеся данные позволяют рекомендовать способ микроволновой обработки как основу технологии экстрагирования БАВ из растительных материалов, однако он требует подробного анализа с целью получения рекомендаций к ведению процесса и разработки устройства для его реализации.

Проанализировав состояние вопроса получения биопестицидов из растительного сырья в условиях действия МВ поля, были сформулированы следующие задания:

1. Продолжить развитие метода МВ экстрагирования.
2. Провести проверку эффективности полученных экстрактов в качестве биопестицидов.
3. Разработать схему микроволнового экстрактора непрерывного действия.

Эффективность действия биопестицидов проверялась на экстрактах из шелухи лука (*Allium séra*) и полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* L.). Полученными экстрактами обрабатывали листья инжира (*Ficus carica* L.), поврежденного паутиным клещиком обыкновенным (*Tetranychus urticae* Koch). Для получения достоверных результатов обработку проводили с пятикратным повторением.

Растительное сырье (полынь и шелуху лука) измельчали, заливали водой и проводили экстрагирование в микроволновом поле при различных режимах. После получения экстрактов проводилась обработка инжира, пораженного паутиным клещиком.

Для оценки использовали балльную оценку: 0 – нет повреждений, 1 – незначительные одиночные повреждения, 2 – незначительные повреждения на всей поверхности, 3 – значительные повреждения в отдельных зонах, 4 – значительные повреждения на всей поверхности, 5 – полностью поврежденный листок. В конце эксперимента рассчитывался средний балл n (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики экстрактов из растительного сырья

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P , Вт	90			360			600		контроль
τ , с	30	60	180	30	60	180	30	60	
Растительный материал: шелуха лука									
t_k , °С	27	36	54	50	77	–	98	–	16
n	0,8	0,8	0,4	0,6	0,4	–	0,4	–	2,5
Средний ранг	20,1	17,3	15,4	18,6	15,4	–	15,4	–	23,7
χ^2	16,74								
p	0,019								
Растительный материал: полынь									
t_k , °С	25	35	53	48	72	89	93	107	16
n	0,8	0,8	0,6	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	3
Средний ранг	25,4	25,4	22,8	26,9	21,3	18,7	18,7	18,7	29,5
χ^2	18,31								
p	0,032								

Масса сырья: 1 г, масса воды: 60 г.

P – выходная мощность магнетрона, τ – длительность обработки, t_k – средняя конечная температура материала. Начальная температура материала: $t_n = 16^\circ\text{C}$. p – уровень достоверности, рассчитанный по непараметрическому ранговому критерию для множественных сравнений Крускала-Уолиса и χ^2 .

Результаты, приведенные в таблице 1, свидетельствуют о достаточно высоком уровне достоверности. Заметна существенная разница между разными экспериментальными группами. Данные свидетельствуют о более эффективном

применении экстрактов, получаемых под воздействием МВ поля, по сравнению с контролем.

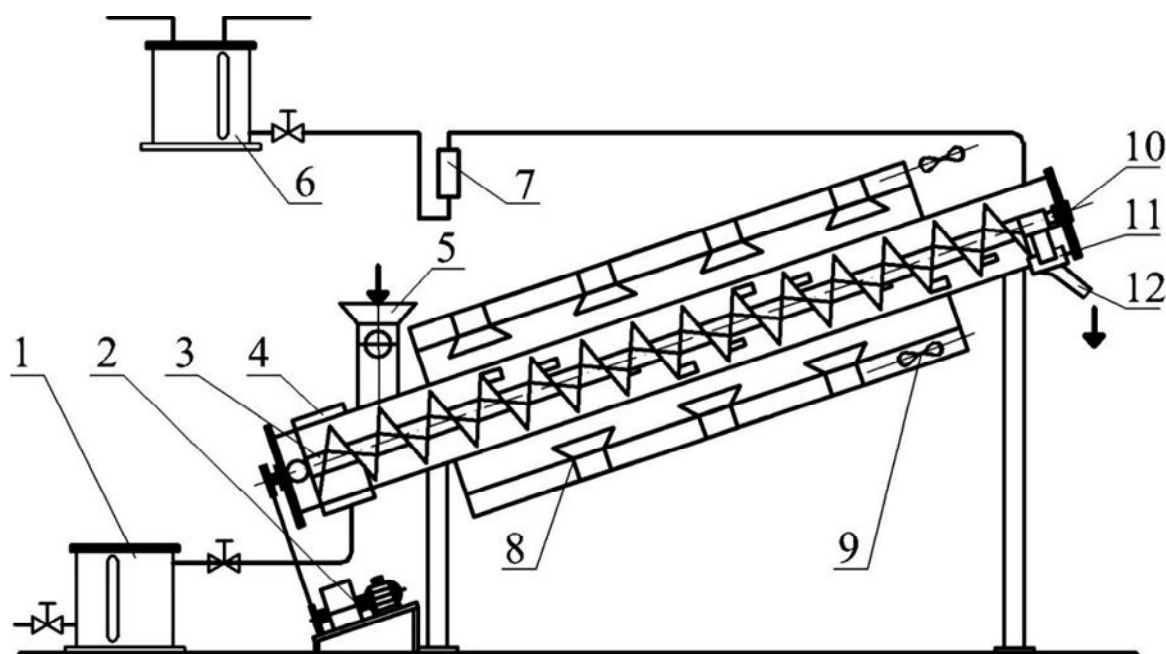
Анализ данных по исследованию полученных экстрактов показывает, что паутинный клещик полностью уничтожился для всех пяти повторов эксперимента при следующих режимных параметрах микроволнового экстрагирования: выдержка не менее 30 с и конечная температура выше 80°C. Такой же результат получался и при температурах выше 100°C, однако при этом возрастают затраты энергии, что делает их применение нерациональным. Экстракты, конечная температура которых не превышала 55°C, не давали устойчивых результатов (наблюдались незначительные повреждения поверхности листьев).

При разработке схемного решения микроволнового экстрактора, предназначенного для извлечения веществ, биологически активных по отношению к вредителям растений, руководствовались следующими принципами:

1. Для увеличения производительности целесообразно конструировать экстрактор непрерывного действия, при этом каналы входа и выхода должны быть рассчитаны так, чтобы их длина соответствовала длине запердельного волновода, что обеспечивает безопасность работы персонала с микроволновым устройством.

2. Для передачи электромагнитной энергии рационально использовать рупорные антенны, а диаметр канала, по которому проходит сырье с экстрагентом, не должно превышать две глубины проникновения с учетом эффекта теплопроводности. Данную величину можно определить в соответствии с [8].

Вариант схемного решения микроволнового горизонтального шнекового экстрактора представлен на рисунке 1.



1 – сборник экстракта, 2 – привод, 3 – шнек, 4 – ситовый пояс, 5 – загрузочный бункер, 6 – емкость с экстрагентом, 7 – ротаметр, 8 – магнетроны с рупорной антенной, 9 – вентилятор, 10 – кран, 11 – сбрасывающая лопасть, 12 – лоток.

Рисунок 1 – Схема шнекового микроволнового экстрактора

Экстрактор непрерывного действия содержит устройства загрузки, выгрузки, шнекового перемещения растительного сырья и обработки его экстрагентом.

Лопастни шнека следует изготавливать перфорированными из радиопрозрачного материала.

В верхней части колонны растительное сырье подвергается отжиму, для чего предусмотрен отжимной конус (на рисунке не показан).

Загрузка растительного сырья производится снизу, а скорость его поднятия регулируется скоростью вращения шнека в противоток экстрагенту. С помощью дозатора экстрагент подается в рабочий канал. Протекая вниз через растительное сырье, экстрагент насыщается экстрактивными веществами и смачивает сухое растительное сырье.

Экстрактор должен работать с различного вида растительным материалом, поэтому должен предусматривать регулировку скорости вращения шнека и расход экстрагента, с тем, чтобы для каждого случая добиваться оптимального выхода биологически активных веществ.

Как показывают экспериментальные данные, приведенные выше, длительность экстрагирования даже для изначально сухого сырья может быть меньше минуты, что позволяет конструировать высокоэффективный одноходовый шнековый экстрактор.

Для определения необходимого числа магнетронов проводятся тепловые расчеты. Так, при расходе $G = 0,01$ кг/с и конечной температуре $t_k = 80^\circ\text{C}$ (при начальной $t_n = 15^\circ\text{C}$) и с учетом КПД рабочего участка, который зависит от диэлектрических свойств обрабатываемого материала, и по результатам наших экспериментов не ниже $\eta \leq 0,8$ (экстрагент – вода), потребуется четыре магнетрона мощностью 1 кВт каждый.

Выводы.

1. Установлено, что метод получения биопестицидов, основанный на экстрагировании биологически активных веществ в микроволновом поле, отличается эффективностью и быстротой, что дает возможность перейти к производству больших объемов препаратов, необходимых для защиты культурных растений, и снизить объемы химических средств.

2. Предложено схемное решение микроволнового экстрактора, предназначенного для реализации метода МВ экстрагирования.

Список литературы / References:

1. Доцільність мікрохвильового екстрагування біологічно активних речовин як природних пестицидів з рослинної сировини / І.Л. Бошкова, Н.В. Волгушева, С.Г. Коломійчук, Т.Ю. Дементьєва // Обладнання та технології харчових виробництв. – Донецьк: ДонНУЕТ. – 2010. – Вип. 24. – С. 146-153.
Boshkova, I.L., Volgusheva, N.V., Kolomiichuk, S.G. and Dementieva, T.Yu. (2010), "Appropriateness of microwave extraction of biologically active substances such as natural pesticides from plant material", *Obladnannia ta tehnologii harchovyh vyrobnytstv*, Vol. 24, pp. 146-153.

2. Кузнецова С.А. Интенсификация процесса водной экстракции арабиногалактана из древесины лиственницы / С.А. Кузнецова [и др.] // Химия растительного сырья. – 2005. – № 1. – С. 53-58.
Kuznetsova, S.A., Mikhailov, A.G., Skvortsova, G.P. etc. (2005), “Intensification of water extraction of arabinogalactan from larch wood”, *Khimiia rastitel'nogo syria*, no. 1, pp. 53-58.
3. Шавшукова С.Ю. Интенсификация химических процессов воздействием микроволнового излучения: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / С.Ю. Шавшукова. – Уфа, 2003. – 24 с.
Shavshukova, S.Yu. (2003), “Intensification of chemical processes to microwave radiation”, Abstract of Ph. D. dissertation, NII Reaktiv, Ufa.
4. Мобильный СВЧ-экстрактор / Л.Г. Голубчиков, Н.И. Малых, А.И. Марколия, М.Л. Субботин // Вопросы атомной науки и техники. Термоядерный синтез. – 2006. – Вып. 1. – С. 80-86.
Golubchikov, L.G., Malykh, N.I., Markoliia, A.I. and Subbotin, M.L. (2006), “Mobile Microwave ekstaktor”, *Voprosy atomnoy nauki. Termoiadernyy sintez*, Vol. 1, pp. 80-86.
5. Пат. RU 2216574 С2. Способ экстракции ценных веществ из растительного сырья с помощью СВЧ-энергии / А.И. Марколия, Н.И. Малых, Л.Г. Голубчиков и др. – № 2002100236/13, опубл. 11.01.02.
Patent RU 2216574 С2. Malykh, N.I., Markoliia, A.I., Golubchikov, L.G. etc. Process for the extraction of valuable substances from plant material using microwave energy, no. 2002100236/13, publ. 11.01.02.
6. Пат. RU 2254159 С2. Способ экстракции биологического сырья / О.И. Квасенков, А.Б. Тюрюков. – № 2003125092/15, опубл. 15.08.03.
Patent RU 2254159 С2. Kvasenkov, O.I. and Tiuriukov, A.B. Process for the extraction of biological raw materials, no. 2003125092/15, publ. 15.08.03.
7. Ложкина Г.А. Влияние различных факторов на процесс экстракции почек тополя бальзамического / Г.А. Ложкина, Е.В. Исаева, Т.В. Рязанова // Химия растительного сырья. – 2007. – № 2. – С. 51-54.
Lozhkina, G.A., Isayeva, E.V. and Riazanova, T.V. (2007), “The influence of various factors on the extraction process of the kidneys of balsam poplar”, *Khimiia rastitel'nogo syria*, no. 2, pp. 51-54.
8. Бошкова И.Л. Аналитическое исследование температурного поля в теле с непрерывно действующими источниками теплоты / И.Л. Бошкова, Т.Ю. Деметьева // Холодильна техніка і технологія. – О.: ОДАХ, 2012. – № 1. – С. 42-45.
Boshkova, I.L. and Dementieva, T.Yu. (2012), “Analytical study of the temperature field in the body with a continuous action of heat sources”, *Kholodylna tekhnika i tekhnologiya*, no. 1, pp. 42-45.

Мета. Метою роботи є розвиток методу отримання біопестицидів із рослинної сировини, основою якого є застосування мікрохвильового електромагнітного поля в процесі екстрагування, і опрацювання пристрою для його реалізації.

Методика. Для отримання екстрактів суміші води (як екстрагента) та рослинного матеріалу поміщали до робочої камери мікрохвильової лабораторної установки, де проводилась їхня обробка в мікрохвильовому полі. При цьому варіювалась тривалість процесу і вихідна потужність магнетрону. Ефективність отриманих екстрактів як засобу для боротьби зі шкідниками оцінювалась на інжирі, ураженому павутинним кліщом. Оцінка всіх експериментальних груп проводилась із використанням непараметричного рангового критерію для множинних порівнянь Крускала-Уоліса.

Результати. Відповідно до отриманих даних, для отримання ефективних екстрактів за оптимальних витрат енергії температура процесу повинна бути на рівні 80°C.

Наукова новизна. Запропоновано схемне вирішення мікрохвильового шнекового екстрактора для витягування біологічно активних речовин з рослинної сировини.

Практична значущість. Застосування мікрохвильового поля на етапі отримання екстрактів для виробництва біопестицидів дозволяє суттєво скоротити час їхнього виготовлення, завдяки чому виникає можливість за короткий проміжок часу переробити великий обсяг рослинної сировини, в тому числі у вигляді відходів виробництва (лушпиння цибулі, часника та т.п.), які при цьому щорічно відновлюються, та використовувати отримані препарати як засоби захисту рослин. Для реалізації мікрохвильового методу отримання екстрактів у промислових обсягах необхідно створення мікрохвильового екстрактора, схемне вирішення якого запропоновано у цій роботі.

Ключові слова: біопестициди, мікрохвильове поле, рослинна сировина, ефективність, шнековий екстрактор.

Objective. The aim of the study was to develop a method for obtaining biopesticides from vegetative raw materials based on application of a microwave electromagnetic field in the process of extraction, and working up a device for its implementation.

Methods. For obtaining the extracts a mix of water (as a extractant) and a vegetative material was located in the working chamber of a microwave laboratory device where it was processed in a microwave field. In addition, the duration of the process and magnetron output capacity varied. The efficiency of the obtained extracts as means for pest control was tested on leaves of a fig tree (*Ficus carica* L.) infected with red spider mite (*Tetranychus urticae* Koch.). The evaluation of all experimental groups was carried out with use of nonparametric rank criterion for Kruskal-Wallis multiple comparisons.

Results. In compliance with the obtained data for obtaining effective extracts at optimal energy consumption the temperature of the process should be at the level of 80°C.

Academic novelty. The circuit design of a microwave screw extractor for extraction of biologically active substances from vegetative raw materials has been suggested.

Practical importance. The application of a microwave field at the stage of obtaining extracts meant for biopesticides production allows to reduce essentially their production time. Due to that there is a possibility for a short period of time to process great volumes of vegetative raw materials including various production wastes (onion, garlic peels, etc.), which can be annually renewed, and to use the obtained preparations as a mean of plant protection. To implement the microwave method for obtaining extracts at large-scale enterprises it is necessary to make a microwave screw extractor which circuit design was proposed in the given study.

Key words: biopesticides, a microwave field, vegetative raw materials, efficiency, a microwave screw extractor.

Рекомендовано к публикации д-ром техн. наук,
проф. Дорошенко А.В.

Дата поступления рукописи 07.02.2013 г.